

10/500222 25 JUN 2004

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
10 de Julio de 2003 (10.07.2003)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 03/056572 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: G21F 9/18,
C02F 3/34

Ciencia de los materiales, ETSI Industriales, c/José Gutiérrez Abascal, 2, E-28006 Madrid (ES). MONTERO ORTEGO, Felipe [ES/ES]; c/Delfín, 7, 2^aB, E-28905 Getafe (ES).

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES02/00624

(22) Fecha de presentación internacional:
31 de Diciembre de 2002 (31.12.2002)

(74) Representante común: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID; Avda. Ramiro de Maeztu, 7, OTRI, E-28040 Madrid (ES).

(25) Idioma de presentación: español

(81) Estados designados (nacional): CA, CN, HU, IN, JP, KR, LT, RU, UA, US.

(26) Idioma de publicación: español

(84) Estados designados (regional): patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

(30) Datos relativos a la prioridad:
P 0200006 2 de Enero de 2002 (02.01.2002) ES

Declaración según la Regla 4.17:

— sobre la calidad de inventor (Regla 4.17(iv)) sólo para US

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional
— con reivindicaciones modificadas

(71) Solicitantes (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID (UPM) [ES/ES]; Avda. Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). IBERDROLA GENERACION SA [ES/ES]; c/Cardenal Gardoqui, 8, E-48004 Bilbao (ES).

(72) Inventores; e

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): MORENO GÓMEZ, Diego, Alejandro [ES/ES]; Dpto. Ingeniería y

(54) Title: BIOREMEDIATION METHOD WHICH IS USED TO CONCENTRATE AND ELIMINATE RADIONUCLIDES IN RADIOACTIVE WATER

(54) Título: PROCEDIMIENTO DE BIORREMEDIACIÓN PARA CONCENTRAR Y ELIMINAR RADIONUCLIDOS EN AGUAS RADIATIVAS

(57) Abstract: The invention relates to a method of concentrating and eliminating radionuclides in radioactive water from nuclear pools which is based on the capacity of micro-organisms when they are growing to retain radionuclides by forming biofilms on the colonised surfaces. Until now, the inventive method, known as bioremediation, has not been used in the containment area of nuclear power stations. At present, radioactive water in nuclear pools is clarified with a system of demineraliser filters which, when at the end of their working life, generate a considerable amount of radioactive material which has to be managed. The method involving bioremediation, which is performed before the aforementioned filters, prolongs the life of said filters. As a result, there is less radioactive waste to be managed, thereby increasing the profitability of the method.

(57) Resumen: El procedimiento de concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares que se presenta se basa en la capacidad que tienen los microorganismos para retener radionúclidos cuando crecen formando biopelículas sobre las superficies que colonizan. Este proceso, conocido como biorremediación, hasta la fecha no se ha utilizado en la zona de contención de las centrales nucleares. El sistema actual de clarificación de las aguas radiactivas en las piscinas nucleares se realiza con un sistema de filtros desmineralizadores que cuando finalizan su vida útil generan un importante volumen de material radiactivo a gestionar. El procedimiento que se presenta mediante biorremediación, llevado a cabo delante de estos filtros, prolonga la vida de los mismos y por tanto es necesario gestionar menos residuos radiactivos aumentando la rentabilidad económica del proceso.

WO 03/056572 A1

Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas.

5

SECTOR TÉCNICO AL QUE SE REFIERE LA INVENCION

Industria Nuclear, Gestión de Residuos Radiactivos, Tratamientos de Aguas Contaminadas.

10

EXPOSICIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

15 Durante los últimos años se han venido desarrollando procedimientos de biorremediación consistentes en la utilización de microorganismos para la recuperación de ambientes contaminados. Principalmente los esfuerzos han ido encaminados a la restauración de suelos contaminados con productos químicos, tóxicos o peligrosos usando microorganismos; de esta forma se ha ido implantando el concepto de biorremediación. No obstante, la utilización de microorganismos para la recuperación del medio ambiente se
20 viene llevando a cabo desde hace más de sesenta años para la depuración de aguas residuales. Adicionalmente también se han desarrollado procesos de biorremediación aplicados a la gestión de residuos radiactivos en repositorios definitivos pero nunca dentro del área de contención de una central nuclear, objeto del procedimiento que cubre la presente patente.

25

Las piscinas para el almacenamiento de combustible nuclear gastado tienen la finalidad de “enfriar” el combustible gastado que procede del reactor y que tras su utilización todavía posee alta radiactividad e importante generación de calor. A pesar de que el agua de las piscinas nucleares actúa como blindaje eficaz contra la radiación, en las proximidades a las
30 mismas se presentan niveles considerables a los que son expuestos los trabajadores de la central. El propósito del procedimiento que se describe a continuación es bajar los niveles

de contaminación radiactiva del agua de las piscinas nucleares y en consecuencia disminuir el nivel de radiación próxima a las mismas y las tasas de exposición.

Actualmente las aguas radiactivas de las piscinas nucleares se tratan por un sistema de
5 filtros desmineralizadores, a base de resinas intercambiadoras de iones, que tienen la misión de retener las sustancias disueltas y en suspensión que pueda arrastrar el agua, tales como productos de fisión, corrosión, etc. con lo que se consigue una mayor claridad del agua y una considerable disminución de la radiactividad en las zonas circundantes a las piscinas. Con el paso del tiempo la vida útil de las resinas se termina y es necesario embidonarlas y
10 tratarlas como residuos radiactivos. Con el procedimiento que se presenta por biorremediación se retienen los radionúclidos del agua radiactiva antes de que lleguen a las resinas de los filtros desmineralizadores y por lo tanto se aumenta su vida útil y en consecuencia se disminuye el volumen del material radiactivo a gestionar. El material utilizado para el procedimiento que se patenta, al contrario que las resinas, se puede
15 descontaminar y gestionar como material no radiactivo.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

20 Para llevar a cabo la concentración y eliminación de radionúclidos citada anteriormente en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares se ha ideado un procedimiento de biorremediación completamente innovador y que se aplica en el proceso del tratamiento de las aguas de las piscinas, previamente a su vuelta a las mismas.

25 En este procedimiento, el agua radiactiva a tratar procedente de las piscinas nucleares se hace pasar por un biorreactor que contiene un ovillo o madeja de titanio, acero inoxidable o cualquier otro material no corrosivo ni degradable en este ambiente y que sea capaz de ser colonizado por los microorganismos existentes en dichas aguas. A su paso por el biorreactor, el agua radiactiva a tratar entra en contacto con el material del ovillo o madeja
30 dispuesto en su interior, formándose una biopelícula que retiene los radionúclidos. Los microorganismos son capaces de retener los radioisótopos presentes en el agua de las

piscinas mediante uno o más de los siguientes mecanismos: bioadsorción, bioabsorción, bioacumulación, biosolubilización, bioprecipitación.

5 A continuación, el agua sale por el extremo opuesto al de entrada en flujo continuo y antes de volver a la piscina se hace pasar por el sistema de filtros desmineralizadores.

Finalmente, el material del biorreactor es reemplazado por material fresco. La biopelícula que coloniza el material y que retiene los radionúclidos, es económicamente eliminada por cualquier procedimiento convencional de descontaminación radioquímica de materiales y
10 los radionúclidos se pueden concentrar en un volumen pequeño de eluyente para su recuperación, disposición final o contención. A continuación, el material del biorreactor puede ser gestionado como material no radiactivo. Ambos procesos, la concentración de los radionúclidos en un reducido volumen, y la gestión de los materiales utilizados como no radiactivos contribuyen a la rentabilización económica del procedimiento.

15

El tipo y tamaño del biorreactor, el caudal de agua radiactiva circulante a tratar y la periodicidad de eliminación de la biopelícula están condicionados a las especificidades de cada una de las plantas de tratamiento de aguas en la zona caliente de las distintas centrales nucleares.

20

El primer objeto de este procedimiento consiste en aprovechar la capacidad que tienen algunos de los microorganismos presentes en las aguas radiactivas de las piscinas para colonizar el material dispuesto en el interior del biorreactor. Estos microorganismos que no se pueden cultivar ni manipular en el laboratorio se conocen en la bibliografía técnica como

25

VBNC (viables pero no cultivables).

30

Con el fin de acelerar el procedimiento de concentración de radionúclidos, un segundo objeto de este procedimiento consiste en cultivar previamente en el laboratorio el material que constituye el ovillo o artificio similar citado anteriormente en presencia de un microorganismo, o una mezcla de ellos, aislados previamente del agua radiactiva a tratar.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE AL MENOS UN MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

- 5 La primera parte del procedimiento consiste en la preparación del material que se introducirá en el biorreactor. Este material, por ejemplo de acero inoxidable, trenzado a partir de virutas del mismo en forma de ovillo o madeja de 20 g y con una superficie de exposición de $0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, se desengrasa con acetona en baño de ultrasonidos. A continuación se esteriliza en autoclave a 121°C durante 15 minutos. En condiciones
- 10 asépticas los ovillos se introducen en el biorreactor cilíndrico, fabricado en acero inoxidable de 250 mm de altura y 90 mm de diámetro, constando en su parte inferior de una conexión para la entrada del agua y en la superior de otra para la salida. El siguiente paso en este procedimiento consiste en hacer pasar mediante una bomba un caudal medio de 3 metros cúbicos hora de agua radiactiva procedente de una piscina para el almacenamiento
- 15 de combustible nuclear gastado, en cuya composición cualitativa isotópica habitual se presentan ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{65}Zn y ^{54}Mn . A partir de ese momento el material del biorreactor empieza a ser colonizado por los microorganismos presentes en las aguas radiactivas y comienzan a retener los radionúclidos presentes en las mismas. Este procedimiento aplicado a una central nuclear de tipo BWR (reactor de agua en ebullición),
- 20 donde se ha realizado el prototipo experimental permite fundamentalmente la concentración y posterior eliminación del radionúclido ^{60}Co .

REIVINDICACIONES

1. Uso del procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas en piscinas nucleares.
- 5 2. Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares caracterizado por un biorreactor que contiene un ovillo, madeja o artificio similar de titanio, acero inoxidable o cualquier otro material no corrosivo ni degradable por el agua radiactiva de las piscinas nucleares
10 y capaz de ser colonizado por los microorganismos existentes en dichas aguas.
3. Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares según reivindicación 2 caracterizado porque el agua radiactiva a tratar, a su paso por el biorreactor, entra en contacto con el material
15 dispuesto en el interior del biorreactor, formándose una biopelícula que retiene los radionúclidos.
4. Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos según reivindicación 2 caracterizado porque el material que constituye el ovillo o artificio
20 similar se puede cultivar previamente en el laboratorio en presencia de microorganismos aislados previamente del agua radiactiva a tratar para acelerar el proceso de concentración de radionúclidos.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

[recibidas por la oficina Internacional el 2 de junio de 2003 (02.06.03);
reivindicacione original 3 modificada, las demas reivindicaciones queden sin cambios]

1. Uso del procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas en piscinas nucleares.

5

2. Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares caracterizado por un biorreactor que contiene un ovillo, madeja o artificio similar de titanio, acero inoxidable o cualquier otro material no corrosivo ni degradable por el agua radiactiva de las piscinas nucleares y capaz de ser colonizado por los microorganismos existentes en dichas aguas.

10

3. (Modified) Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos en las aguas radiactivas de las piscinas nucleares según reivindicación 2 caracterizado porque el agua radiactiva a tratar, a su paso por el biorreactor, en flujo continuo, entra en contacto con el material dispuesto en el interior del biorreactor, formándose una biopelícula que retiene los radionúclidos.

15

4. Procedimiento de biorremediación para concentrar y eliminar radionúclidos según reivindicación 2 caracterizado porque el material que constituye el ovillo o artificio similar se puede cultivar previamente en el laboratorio en presencia de microorganismos aislados previamente del agua radiactiva a tratar para acelerar el proceso de concentración de radionúclidos.

20

25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES 02/00624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 : G21F 9/18, C02F 3/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 : G21F, C02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CIBEPAT, EPODOC, PAJ, WPI, BIOSIS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 4433413 A1 (C&E GmbH) 21.03.1996, column 1, line 62 - column 2, line 49; claim 1.	1-4
X	US 5447629 A (CHAUMONT et al.) 05.09.1995, the whole document	1-4
X	ASHLEY, N.V. & ROACH, D.J.W. Review of Biotechnology applications to nuclear waste treatment. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 1990, volume 49, pages 381-394. ISSN 0268-2575	1-4
A	US 5487834 A (CARMAN et al) 30.01.1996, the whole document	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 March 2003 (18.03.03)

Date of mailing of the international search report

02 April 2003 (02.04.03)

Name and mailing address of the ISA/

S.P.T.O

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ES 02/00624

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4433413 A1	21.03.1996	NONE	
US 5447629 A	05.09.1995	EP 0599711 A1 FR 2698350 A1 JP 6214097 A	01.06.1994 27.05.1994 05.08.1994
US 5487834 A	30.01.1996	NONE	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONALSolicitud internacional n°
PCT/ES 02/00624**A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD**CIP⁷ G21F 9/18, C02F 3/34

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ G21F, C02F

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

CIBEPAT, EPODOC, PAJ, WPI, BIOSIS

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
X	DE 4433413 A1 (C&E GmbH) 21.03.1996, columna 1, línea 62 - columna 2, línea 49; reivindicación 1.	1-4
X	US 5447629 A (CHAUMONT et al.) 05.09.1995, todo el documento.	1-4
X	ASHLEY, N.V. & ROACH, D.J.W. Review of Biotechnology applications to nuclear waste treatment. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 1990, volumen 49, páginas 381-394. ISSN 0268-2575	1-4
A	US 5487834 A (CARMAN et al) 30.01.1996, todo el documento.	1-4

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo*** Categorías especiales de documentos citados:**

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. 18 marzo 2003 (18.03.2003)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

02 ABR 2003

02.04.03

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M

c/ Panamá 1, 28071 Madrid, España
n° de fax +34 91 3495304

Funcionario autorizado

F. Javier HAERING

n° de teléfono +34913495473

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

PCT/ES 02/00624

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
DE 4433413 A1	21.03.1996	NINGUNO	
US 5447629 A	05.09.1995	EP 0599711 A1 FR 2698350 A1 JP 6214097 A	01.06.1994 27.05.1994 05.08.1994
US 5487834 A	30.01.1996	NINGUNO	